

窒素資源循環社会を実現するための 希薄反応性窒素の回収・除去技術開発



PM : 脇原 徹

国立大学法人東京大学 教授

PJ参画機関:

国立大学法人東京大学

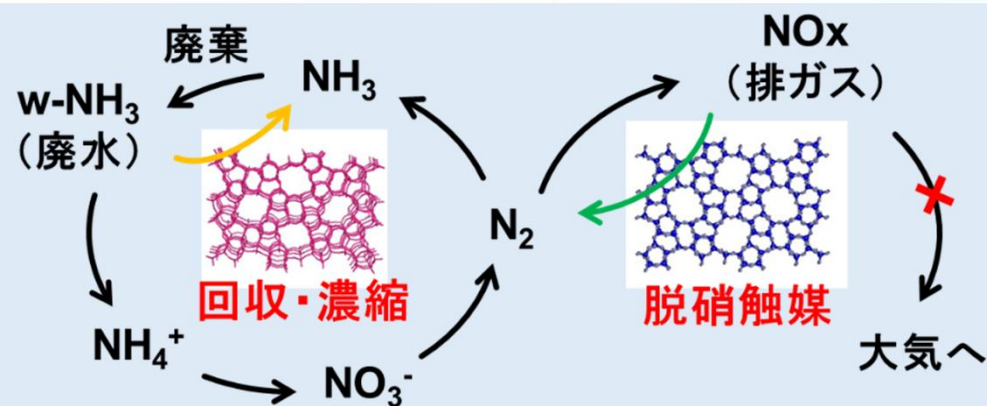
国立研究開発法人産業技術総合研究所

一般財団法人ファインセラミックスセンター

三菱ケミカル株式会社

実施期間: 2020年8月～2026年3月

プロジェクト概要

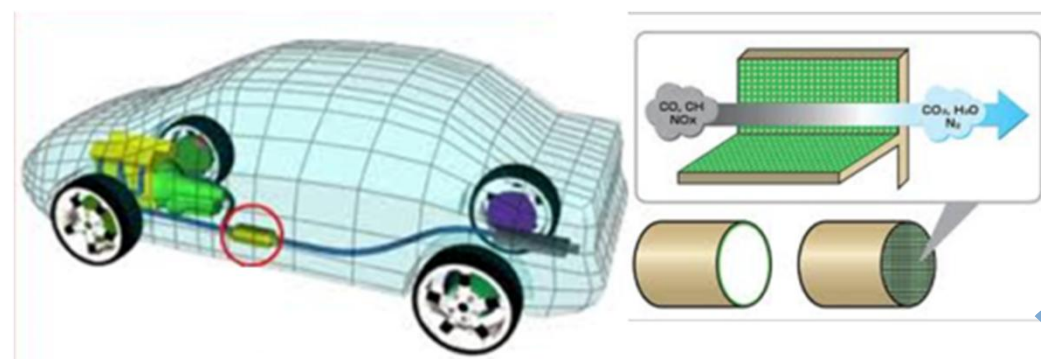


窒素循環社会構築のためには
アンモニア回収・脱硝 技術の開発が喫緊の課題

産業廃液 (w-NH₃)

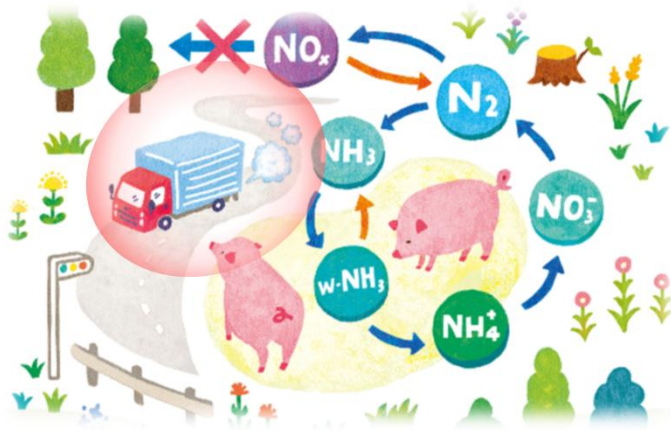


自動車排ガス (NOx)



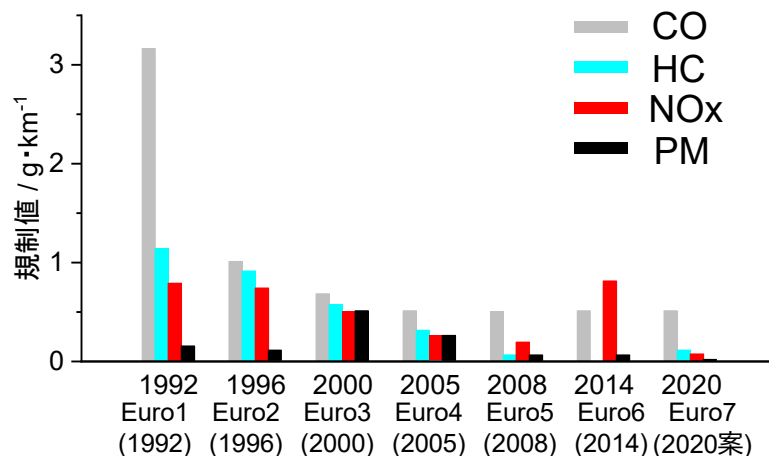
“気相”の重要性

環境問題・産業競争の主要技術



TOYOTA BOSHOKU CORPORATION All Rights Reserved.

規制値の推移 (ex Euro1→Euro 7)



- ✓ より厳しい規制値に移行
(コスト面などから目標も不透明)
- ✓ 規制に対応するには排ガス触媒の耐久性などの向上が必須

自動車排ガス触媒の高度化は
国内自動車産業発展に直結
(ゼオライトの構造制御により達成可能)

“液相”の重要性 プラネタリーバウンダリーの観点から多量の窒素処理が必要



現行の処理プロセス

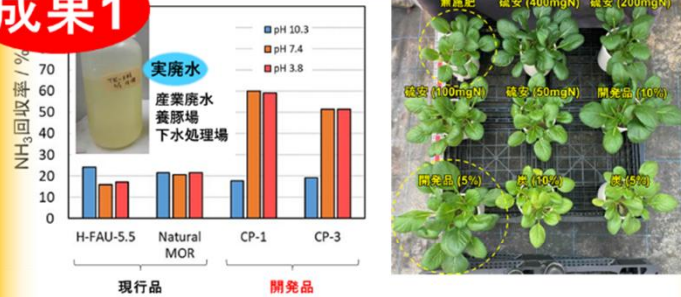


- ✓ エネルギーをかけて
エネルギーを捨てるプロセス
- ✓ 窒素源として回収濃縮することで
肥料などとして利活用可能

地域内窒素循環システム構築により
国内農業の発展に貢献

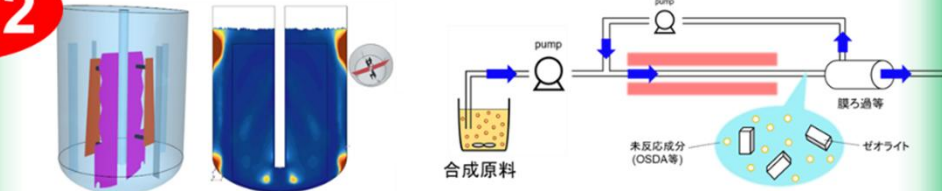
代表的な成果

成果1



✓ アンモニア回収材の開発と肥料応用

成果2

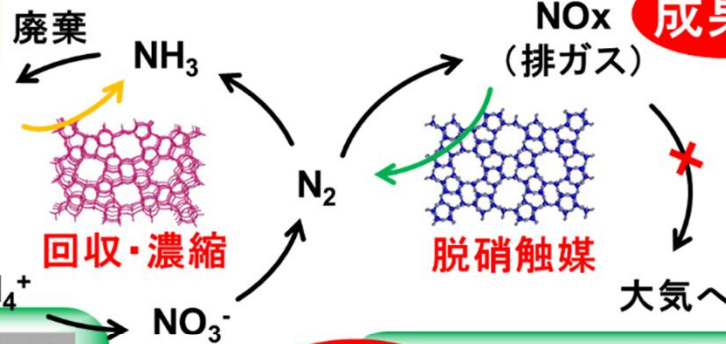


✓ 高耐久-低N₂O排出を両立する触媒の製造法革新

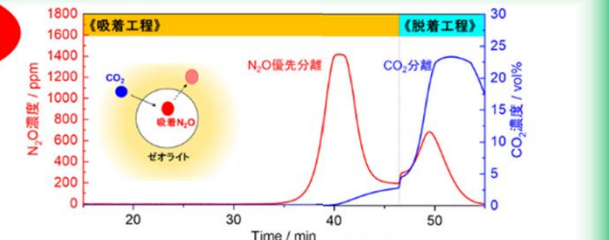
成果3



✓ SEM-TEMを用いた
高分解能分析技術

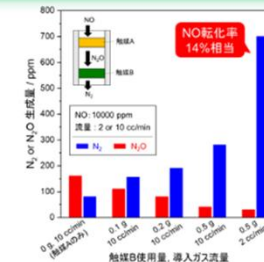


成果4



✓ 低濃度N₂Oの低コスト濃縮分解システムの開発

成果5



✓ 新直脱経路の提案

成果1 アンモニア回収材の開発(産業廃液からの回収と循環)

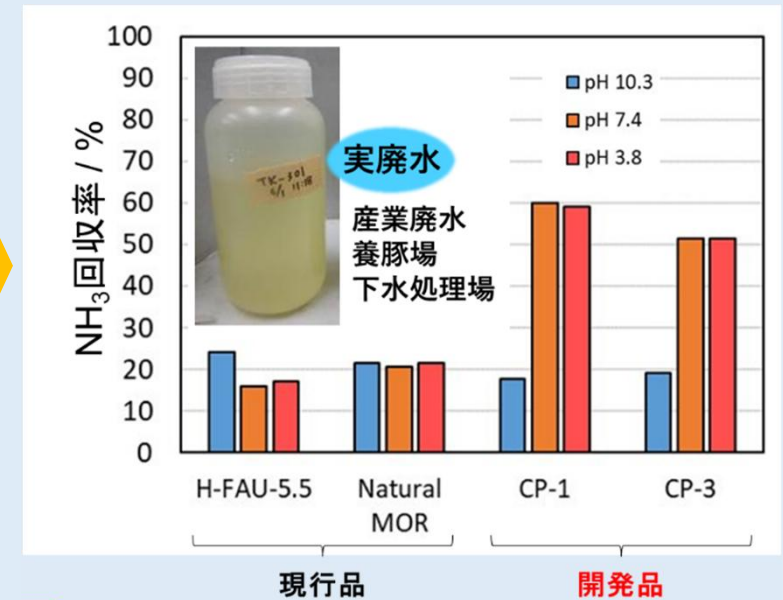


1000-2000 ppm NH_4^+ 含有
5万トン/年受け入れ



工場内のアンモニア臭
床に拡散

排出



一度システムができれば
同様の会社多数

燃料の一部
として利用

200 ton/年のアンモニア

蒸留濃縮 NH_3 水
として市場へ

堆肥の原料
市場へ

✓ 廃水からの NH_3 の回収率 50%以上を達成

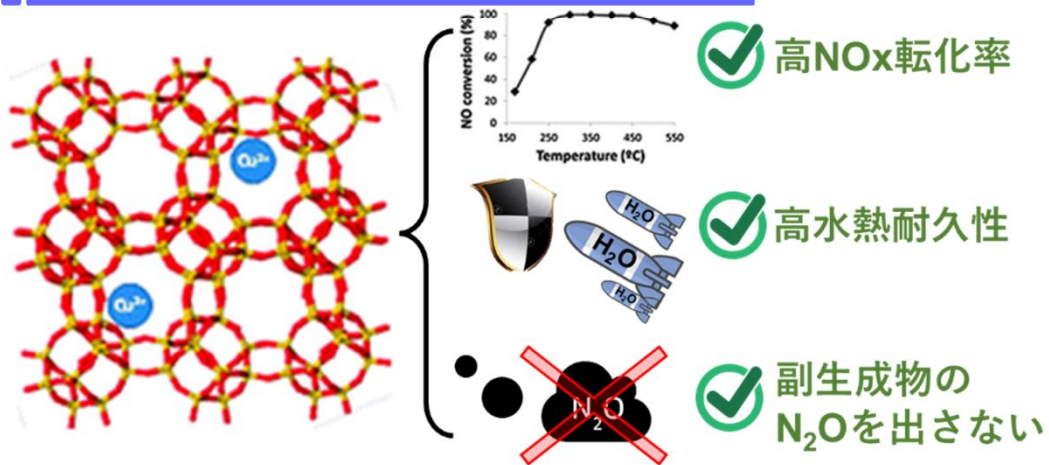
成果1 アンモニア回収材の開発(地域内窒素循環イメージ)



成果2 高耐久-低 N_2O 排出を両立する触媒の製造法革新

- ◆ 従来のゼオライト触媒
水熱耐久性が低い → NO_x 転化率の低下
副反応の進行

新規 NH_3 -SCR用ゼオライト触媒



NO_x 還元と N_2O 生成抑制を両立する触媒の創出
→ 複数の触媒の複合化による役割分担

さらに、、、



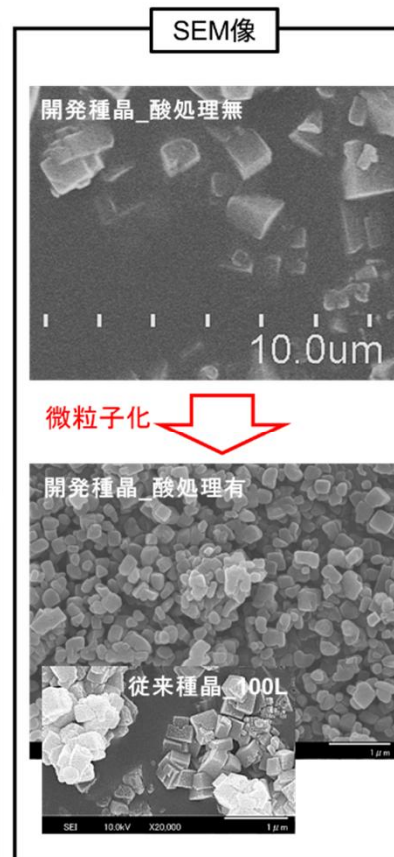
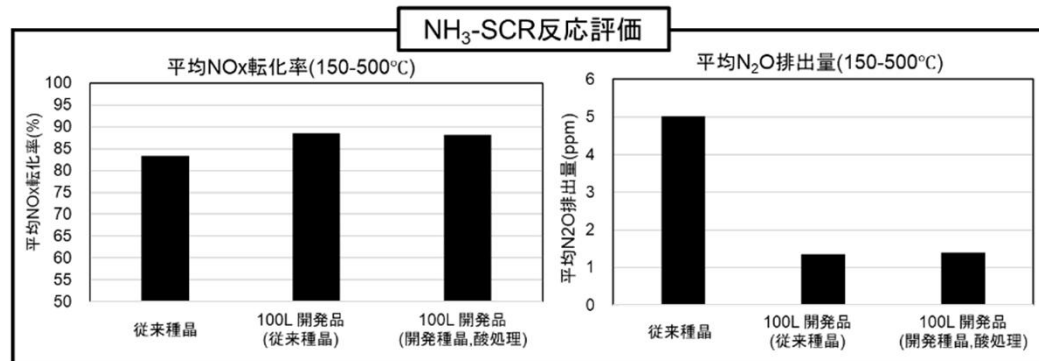
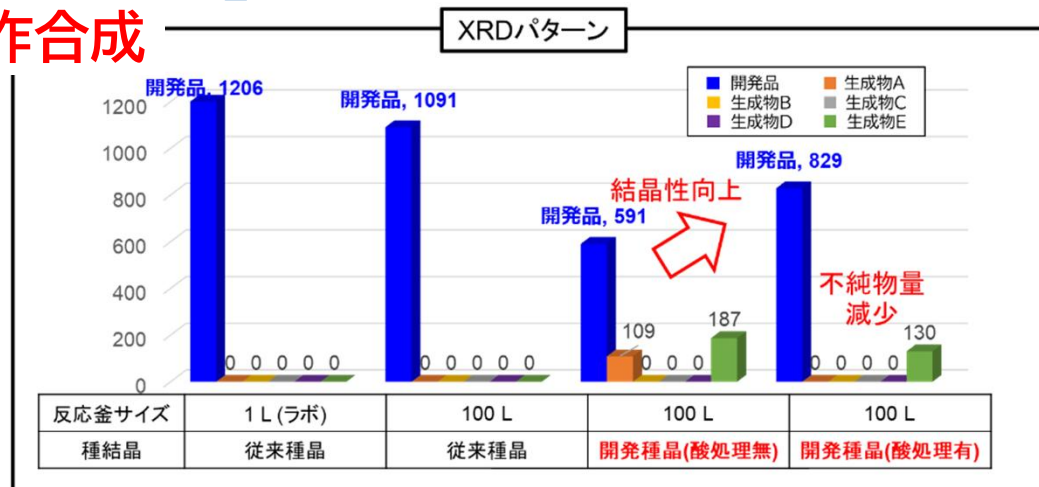
- ・異常が発生したSCR触媒の写真
- ・主原因は尿素水

析出物が出にくい尿素水を普及、システム異常を低減させ、触媒の長寿命化を実現
(本PJとは別テーマ)

- ・e-fuelが普及することも前提に完全な“グリーンエンジンシステム”を実現
- ・トラックの寿命で3セット必要なシステムを1セットに
- ・ゼオライト製造に関するLCAについても実施済み

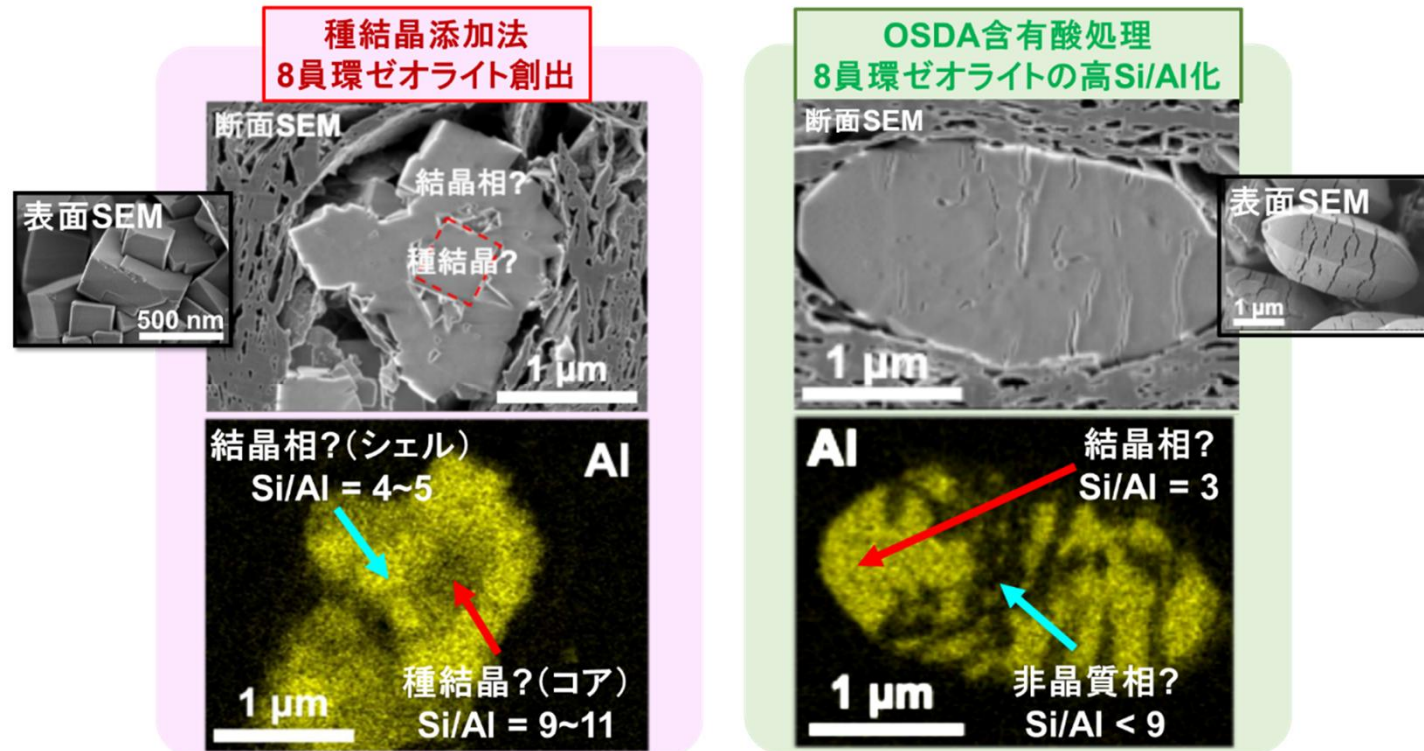
成果2 高耐久-低N₂O排出を両立する触媒の製造法革新

100 L試作合成



- ・ゼオライト(開発品)の結晶性が向上し、不純物量も低減
- ・酸処理した開発品を種結晶として用いることで、従来種晶の場合と同程度の微粒子を合成
- ・NH₃-SCR反応評価においても、従来種晶で合成したサンプルとほぼ同等の性能

成果3 SEM-TEMを用いた分析技術の高度化(ゼオライト触媒の構造変化の可視化)



+ 平均構造評価(粉末XRD解析、Ar吸着測定、欠陥量評価、化学組成分析等)

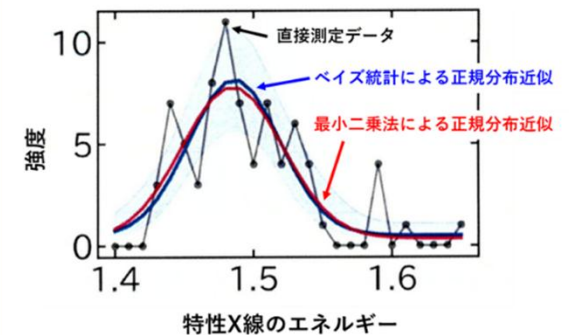
✓ 断面(内部)の結晶/非晶質・組成・細孔構造変化の可視化

成果3 SEM-TEMを用いた分析技術の高度化(ゼオライトのプロセス開発支援)

「結晶成長履歴」&「化学物性の起源」などの推定

「ナノスケールの組成・状態解析手法が有効」

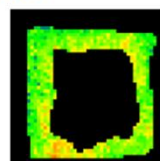
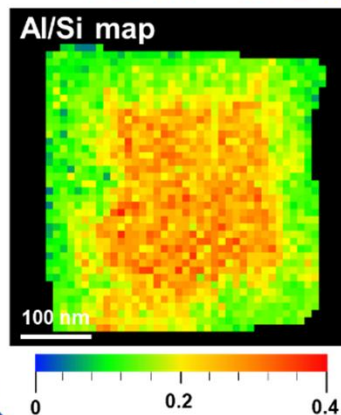
「STEM-EDS法による組成分布の**定量的**測定手法開発」
「**データ解析用プログラムを開発**」



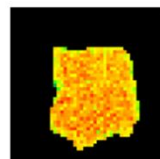
数万点以上の各マッピングポイントのスペクトルデータを補正する

組成傾斜(組成の均一性)が異なる

1Lスケール合成品



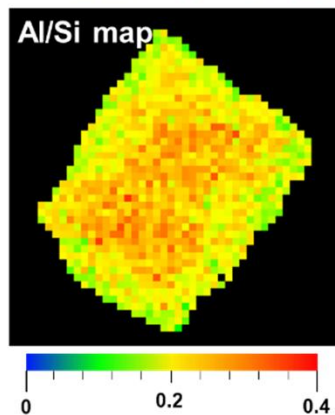
外側 Si/Al:
6.58
(6.80)



内側 Si/Al:
3.97
(4.09)

()は他粒子も合わせた平均

2m³スケール合成品



外側 Si/Al:
5.05
(5.15)



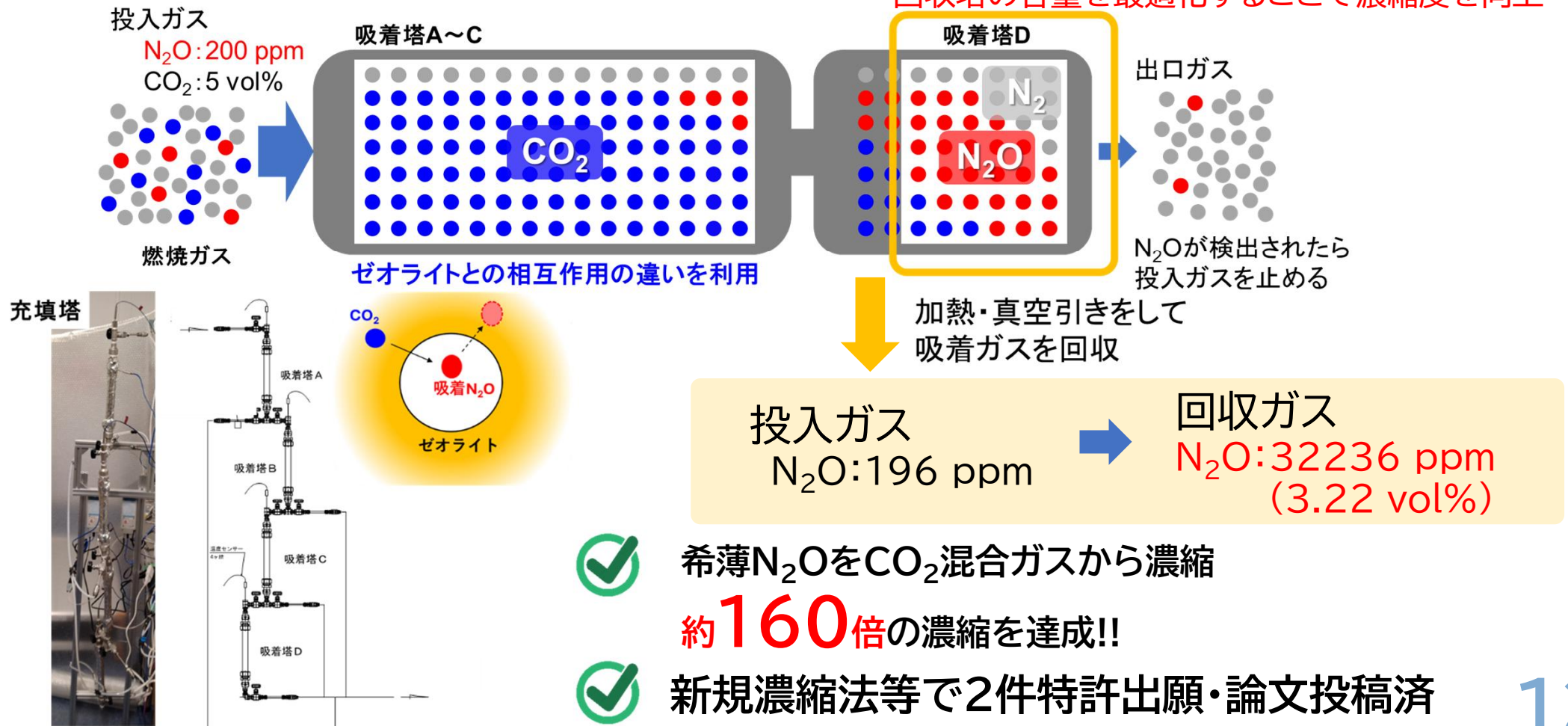
内側 Si/Al:
4.03
(4.08)

()は他粒子も合わせた平均

✓ 実用化スケールで結晶の組成分布(組成傾斜構造)が制御されていることを計測 11

成果4 低濃度 N_2O の低コスト濃縮分離システムの開発

回収塔の容量を最適化することで濃縮度を向上

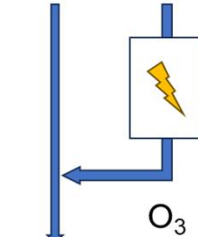


成果5 新直脱経路の提案(プラズマによる直接脱硝)

- 酸素共存下では、プラズマでできた O_3 (O_2 由来)と反応し NO_x が転化
 - プラズマにより空気から N_2O が生成
- ➡ 原料ガス組成の制御が必要

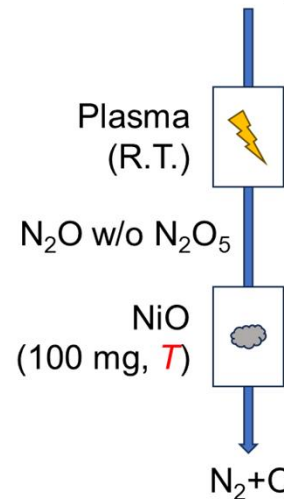
100 ppm NO, 100 cc/min

NO+Air+N₂
(95 cc/min) O₂ (5 cc/min)



電圧 (kV)	周波数 (kHz)	NO con. (%)	N ₂ O (ppm)
9	9	100	0.28
7	9	100	0.31
6	9	100	0.00

NO+N₂ (100 cc/min)



電圧 (kV)	周波数 (kHz)	NO con. (%)	N ₂ O (ppm)
8	9	50	3.2
8.5	9	91	5.5
9	9	100	7.2

*通常の1/100程度の電力(0.5W)

@ Plasma: 9 kV, 9 kHz

T of NiO (°C)	N ₂ O (ppm)
300	5.1
350	3.9
400	0.51
450	0.38
500	0.00

- ✓ 原料ガス組成の制御により、プラズマによる NO_x 分解(アンモニアフリー)は達成可能
- ✓ NO_x と空気の混合ガスはゼオライトを用いたPSAで NO_x/N_2 と O_2 に分離可能と期待

- 
- ✓ ユーザー評価

14

